

ANALISA SEAKEEPING PERFORMANCE KAPAL CEPAT MODEL PLANING HULL CHINE

Romadhoni¹

¹Jurusan Teknik Perkapalan Politeknik Negeri Bengkalis
Jl. Bathin Alam, Sungai Alam Kabupaten Bengkalis, Riau Indonesia

Email: romadhoni@polbeng.ac.id¹

Abstrak

Bentuk badan kapal sangat berpengaruh terhadap karakteristik gerakan dan operabilitas kapal itu sendiri. Operabilitas kapal adalah jumlah waktu selama di laut dimana struktur masih mampu beroperasi sesuai dengan kriteria yang ditetapkan dan korelasinya terhadap tinggi gelombang dimana kriteria akan terlampaui. Dalam penelitian dilakukan analisis 3 derajat kebebasan gerakan translasi dan rotasi heave roll dan pitch terhadap model kapal cepat tipe planing hull pada gelombang regular dengan parameter masa body, radius gyrasi, damping dan lain-lain yang disajikan dalam bentuk gambar grafik *Response Amplitude Operator* (RAO). Karakteristik model kapal yang mampu menekankan pada respon kapal terhadap kondisi operasional di laut (*seakindliness*), merupakan kriteria utama yang harus dipenuhi oleh suatu kapal, yang berkaitan erat dengan karakteristik gerakan kapal.

Kata Kunci: seakeeping, heaving, picting, rolling, RAO

Abstract

The shape of the ship body is very influential on the characteristics of the movement and operability of the ship itself. Ship's operability is the amount of time during the sea where the structure is still able to operate according to the specified criteria and its correlation with the wave height where the criteria will be exceeded. In this research, 3 degrees of freedom of movement of translation and rotation of Heave Roll and Pitch were carried out on planing hull type fast ship models in regular waves with body mass parameters, radius radius, damping and others presented in graphical form *Response Amplitude Operator* (RAO). Characteristics of ship models that are able to emphasize the ship's response to sea operating conditions (*seakindliness*), are the main criteria that must be fulfilled by a ship, which is closely related to the characteristics of ship movements.

Keywords: seakeeping, heaving, picting, rolling, RAO

1. PENDAHULUAN

Penggunaan kapal cepat khususnya jenis lambung tunggal (*mono hull*) belakangan ini mulai marak digunakan di Indonesia. Banyak instansi baik pemerintah maupun swasta yang menggunakan kapal cepat untuk berbagai tujuan. Pada mulanya kapal cepat hanya di gunakan oleh pihak berwenang atau penegak hukum untuk tugas-tugas patroli. Saat ini, semua jenis organisasi komersial dan non-profit menggunakan kapal kecepatan tinggi, misalnya pertahanan, penumpang, perikanan, *crew boats*, *fast suppliers*, *survey boats*, *life boats* dan lain-lain [2].

Kejadian kecelakaan kapal pada saat melakukan pelayaran menarik perhatian banyak kalangan, khususnya kalangan

perancang kapal dan pemilik kapal atau pengguna kapal. Kapal-kapal khususnya kapal pengangkut barang atau niaga yang beroperasi baik antar pulau maupun antar negara yang melakukan misi disekitar lautan atau pantai sangat menarik untuk mendapat perhatian mengingat pentingnya nilai atas kenyamanan dan keselamatan awak kapal maupun keamanan barang diatas kapal.

Oleh karena itu perlu adanya kajian dan penelitian tentang kehandalannya khususnya dari sisi unjuk kerja seakeepingnya. Kecepatan dan sarat dari kapal sangat mempengaruhi unjuk kerja kapal pada saat berada di atas gelombang. Demikian pula karakteristik gelombang yang terdiri dari tinggi dan periode serta arah rambat gelombang sangat menentukan respon gerak pada kapal. Respon

gerak seperti *rolling*, *pitching* dan *heaving* pada akhirnya akan mempengaruhi kenyamanan dan keselamatan kru maupun barang yang diangkut. Berdasarkan penjelasan diatas, studi ini dilakukan untuk mengevaluasi dan menganalisis respon gerak kapal cepat diberbagai kondisi di gelombang berdasarkan kondisi atau karakter pelayaran khususnya pada respon gerak *rolling*, *heaving* dan *pitching* kapal. Penelitian dilakukan melalui metode perbandingan seakeeping menggunakan software *maxsurf motion* dan perhitungan manual menggunakan *hydrostar*.

2. METODE

Adapun metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah Sebagai berikut :

2.1 Pembuatan Model

Pembuatan model kapal cepat dengan panjang 38 Meter menggunakan software *maxsuft* dan *Hydrostar* dengan karekteristik hidrostatik propertis yang sama.

2.2 Analisa Seakeeping Model

Kajian olah gerak kapal, gerakan yang ditinjau adalah gerakan yang hanya mampu direspon oleh kapal, yaitu *rolling*, *heaving*, *pitching*. Respon dari gerakan kapal ini meliputi:

- Added mass inertial force* adalah pertambahan massa pada kapal untuk kembali pada posisi semula.
- Damping force* adalah gaya peredam yang berlawanan arah dengan arah gerak kapal yang menghasilkan pengurangan *amplitude* gerakan kapal secara berangsur- angsur.
- Restoring force* adalah gaya untuk mengembalikan kapal ke posisi semula (*equilibrium position*). Gaya ini merupakan gaya *buoyancy* tambahan.
- Exciting force* adalah gaya eksternal yang bekerja pada kapal. *Exciting force* berasal dari hasil integrasi gaya apung tambahan dan gelombang sepanjang kapal.

Dalam mengalisa model terhadap gerakan-gerakan diatas akan menggunakan software

maxsuft motion dan *Hydrostar* sebagai perbandingan.

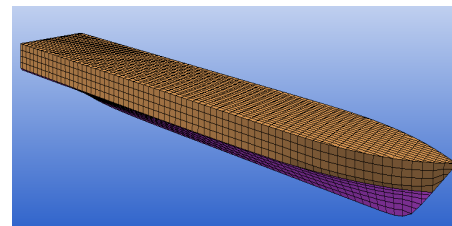
3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Model Kapal Cepat

Pada penelitian ini ada empat variasi lambung yang dilakukan meliputi model lambung *hull planing*. Proses-proses desain lambung model kapal menggunakan software *Maxsuft* dan *hydrostar*. Bentuk dari variasi model lambung yang dilakukan terdapat pada gambar 1 berikut ini:



Gambar 1. Model Kapal Cepat Planingg Hull



Gambar 2. Model Prespektif Kapal Cepat Planingg Hull

Dari nilai-nilai hydrosatik propertis dari model-model yang dijalankan pada kedua software *Maxsuft* dan *HidroSTAR* diantaranya volume displasmen, water plane area, water surface area, dan lain-lain memiliki nilai yang hampir sama. Pada pemodelan *HydroSTAR* Volume Displasmenkapal hull planing chine pada *HydroSTAR* didapatkan 240.54 ton sedangkan pada perhitungan *maxsuft* didapatkan 240.5 ton, Sedangkan untuk model lainnya dapat dilihat pada tabel 4.11. Berdasarkan hasil dari *HidroSTAR* dan *Maxsuft* didapatkan selisih dari tiap-tiap model kurang dari 1% saja,

Tabel 1. *Hydrostatic Propertis computation Model*

Item	Hydrostar	Maxsurf
	Model HPC	
Disp (Ton)	240.54.00	240.05.00
V Displ (m3)	234.67	234.64
WPA (m2)	235.68	235.68
WSA (m2)	285.08.00	284.055
KB	1.308	1.302
LCB	0,670138889	15.687
LCF	15.825	15.797
BM	4.282	4.265

3.2 Titik Berat dan Radius Girasi

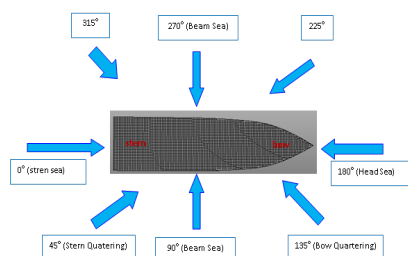
Ada parameter penting yang perlu diketahui untuk menghitung motion dari sebuah kapal. Seperti yang diketahui bahwa kapal ataupun benda lainnya bergerak terhadap titik beratnya, sehingga untuk kasus inipun titik berat perlu diketahui. Tabel 2 menunjukkan posisi titik berat kapal.

Tabel 2. Titik Berat Kapal

Parameter	Nilai
	HPC
LCG	15.32
VCG	3.155

3.3 Evaluasi Gerakan Kapal

Kecepatan maju kapal ternyata memiliki pengaruh terhadap kemampuan olah gerak kapal. Hal ini ditunjukkan oleh beberapa Grafik RAO terhadap fungsi frekuensi, di mana sebaran nilai RAO berubah saat kecepatan kapal berubah. Hal ini sesuai dengan penelitian oleh [3] yang menganalisa seakeeping dari benda dengan kecepatan maju.

**Gambar 2.** Orientasi Sudut Datang Gelombang

Evaluasi karakteristik akan dilakukan menggunakan program Maxsurf-Seakeeper., dan HydroSTAR. Untuk mengoperasikan program maxsurf, input data harus dipersiapkan terlebih dahulu. Beberapa input data secara umum paparkan pada tabel berikut ini:

Tabel 3. Input data pada program *maxsurf*

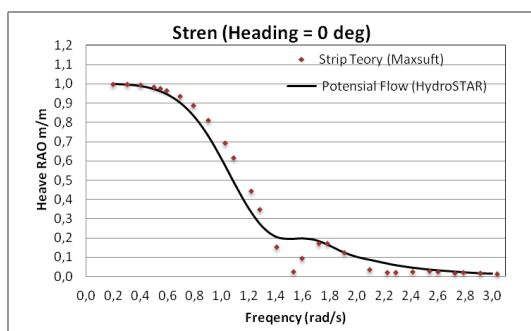
No	Input Data	HPC
1	Maksimum Draft	0,103472222
2	Number of Mapped Section	41
3	Vesel Type	Monohull
	Specktra	JOWSWAP 2.5
4	a.Chair Height	0.245 m,- 0.745 m
	b. Modal Priode	13.45 s
7	Heading	0 ⁰ 45 ⁰ , 90 ⁰ , 135 ⁰ dan 180 ⁰
8	Speed	0 Knot, 12 Knot, 25 Knot

Untuk penentuan tinggi dan periode gelombang mengacu pada ketentuan tentang *sea state* yang terdapat pada *World Meteorological Organisation* (WMO) 2002 menyetujui kode standart *sea state*, maka wilayah perairan Kepulauan Riau mempunyai rentang antara 1.45 detik s.d 16.45 detik dan rentang Hs antara 0.245 m s.d 5.745 m tergolong pada *Sea State* 2 – 6 m Untuk lebih jelasnya bisa dilihat Tabel 4 berikut:

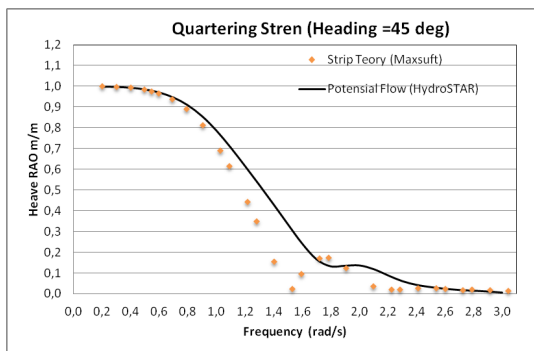
Tabel 4. Sea State WMO, 2002

Sea State Code	Significant Wave Height	Decription	Period (s)
		Range (m)	
0	0	Calm (glassy)	10
1	0.0- 0.1	Calm (glassy)	11
2	0.1-0.5	Smooth (wavelest)	12
3	0.5-1.25	Sligth	13
4	1.25-2.5	Moderet	14
5	2.5-4.0	Rough	5
6	4.0-6.0	Very Rough	6
7	6.0-9.0	High	7
8	9.0-14.0	Very High	8
9	Over 14.0	Phenomenal	9

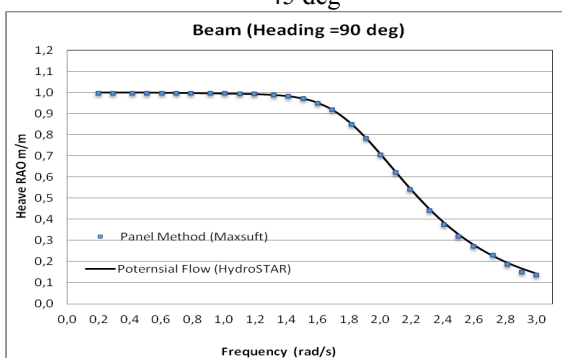
Setelah mengetahui informasi-informasi mengenai *input* data diatas, masing – masing model kapal akan dilakukan uji olah gerak dengan menggunakan *software Maxsurf-seakeeper* dan *HydroSTAR*. *Output* yang dihasilkan bisa disimpulkan dengan beberapa perbandingan variabel frekuensi, amplitudo gerakan, kecepatan dan heading. Sebagai salah satu *output* dari RAO untuk tiap station diambil salah satu tabel RAO pada model pada kecepatan 0 Knot dan heading angle 0° , 45° , 90° , 135° dan 180° .



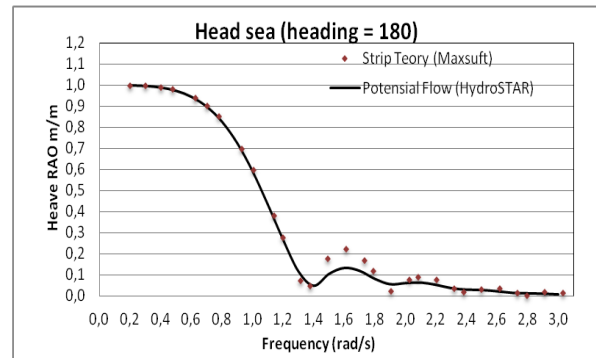
Gambar 3. Output heave RAO pada $V_s = 0$ m/s heading 0°



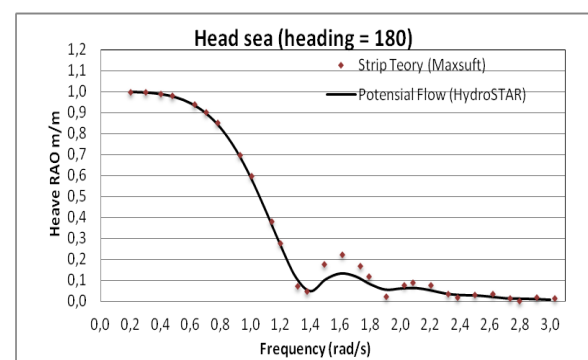
Gambar 4. Output heave RAO pada $V_s = 0$ m/s heading 45°



Gambar 5. Output heave RAO pada $V_s = 0$ m/s heading 90°



Gambar 6. Output heave RAO pada $V_s = 0$ m/s heading 135°



Gambar 7. Output heave RAO pada $V_s = 0$ m/s heading 180°

Pada gambar 3 - 7 merupakan gambar output heave RAO pada kecepatan 0 dengan 5 heading yaitu stren sea, stren quartering sea, beam sea, bow quartering sea, dan head sea. Dari tabel merupakan hasil output RAO merupakan hasil komparasi atau perbandingan perhitungan strip teori (maxsurf), panel teori (maxsurf) dan potensial flow (HydroSTAR), dapat disimpulkan bahwa pendekatan seakeeping panel method (maxsurf) memiliki hasil yang paling mendekati potensial flow HydroSTAR dibandingkan dengan strip teori (maxsurf). Hal ini terjadi karena pendekatan-pendekatan yang digunakan untuk menghitung seakeeping kapal pada 3 metode tersebut hampir sama.

Tabel 5 dibawah ini adalah nilai RAO maksimum dan frekuensi natural model hull planing chine HPC tiap gerakan untuk kecepatan 0 m/s, 6.1728 m/s dan 12.68 m/s, yaitu

Tabel 5. Nilai Amplitudo maksimum model *Hull Planing Chine* (HPC)

Item	Wave heading	HPC		
		0m/s	6.1728 m/s	12.68 m/s
Heave (m)	0	0.99	0.99	2.41
	45	0.99	0.99	1.87
	90	1.00	0.99	1.00
	135	0.99	1.15	2.23
	180	0.99	1.14	2.46
Roll (deg)	0	0	0	0
	45	6.95	2.76	5.34
	90	18.13	17.57	16.69
	135	6.88	7.99	6.23
	180	0	0	0
Pitch (deg)	0	5.09	3.65	5.34
	45	5.07	2.88	11.53
	90	0.65	1.08	1.54
	135	5.34	6.61	9.93
	180	5.16	7.16	10.87

Karakteristik gerak model kapal *hull planing chine* (HPC) pada gelombang regular dipengaruhi oleh kecepatan, arah gelombang. Hasil analisis RAO model kapal *Hull Planing Chine* (HPC) adalah sebagai berikut:

- Untuk gerak *heave* terjadi kenaikan nilai gerakan seiring dengan bertambahnya kecepatan kapal. Nilai gerakan *heave* maksimum terjadi pada saat kecepatan 12.68 m/s kondisi sudut datang gelombang 180° dengan nilai RAO sebesar 2,46 m/m pada frekuensi 0,95 rad/s.
- Terjadi penurunan nilai gerakan *roll* seiring dengan bertambahnya kecepatan kapal. Nilai roll maksimum terjadi sudut datang gelombang 90° saat kecepatan kapal 0/m/s dengan nilai RAO 18.13 deg/m pada frekuensi 0,95 rad/s, sedangkan nilai roll minimum terjadi pada kecepatan 12.68 m/s dengan sudut datang 90° 16.69 deg/m pada frekuensi 1.4 rad/s.
- Untuk gerak *pith* terjadi kenaikan nilai gerakan seiring dengan bertambahnya kecepatan kapal Nilai *pith* maksimum terjadi pada kecepatan kapal 12.68 m/s arah gelombang 180° dengan nilai RAO 10.87 deg/m pada fekuensi 1.0 rad/s.

Persamaan spektra JONSWAP (*Joint North Sea Wave Project*) yang diturunkan untuk perairan Laut Utara akan lebih sesuai diterapkan untuk perairan tertutup atau di daerah kepulauan (Haseelman, 1973). Bentuk persamaan spektra gelombang JONSWAP adalah sebagai berikut :

$$S(\omega) = \alpha g^2 \omega^{-5} \exp \left(-1.25 (\omega / \omega_0)^{-4} \gamma \exp \left[\frac{(\omega / \omega_0)^2}{2\tau \omega_0^2} \right] \right)^1$$

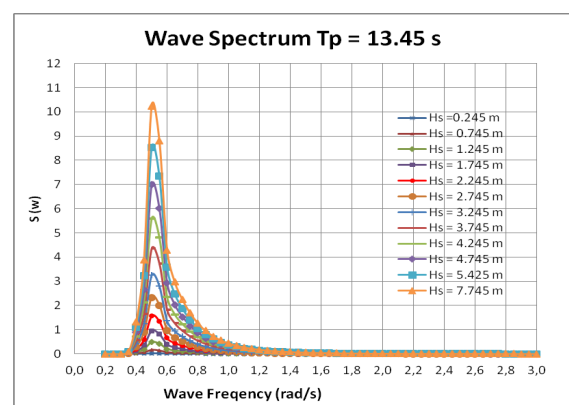
Dimana :

γ = parameter ketinggian (*peakness parameter*)

τ = parameter bentuk (shape parameter)

α = parameter rentang frekuensi

Persamaan JONSWAP ini sekarang banyak dipakai oleh perusahaan-perusahaan minyak yang beroperasi di Indonesia dalam merancang anjungan dan fasilitas lautan lainnya, tetapi dengan mengambil harga γ yang lebih rendah, yaitu sekitar 2.5 atau 2.0. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya [4] sebaran periode puncak spektra di Laut Natuna mempunyai rentang antara 1.45 detik s.d 16.45 detik dan rentang H_s antara 0.245 m s.d 5.745 m. Di setiap periode puncaknya terdiri dari variasi tinggi gelombang signifikan (H_s) tertentu. Pada periode puncak 13.45 detik Gambar 7 berikut menunjukkan spectrum energi gelombang Laut Natuna pada T_p 13.45 detik.



Gambar 8. Grafik wave spektrum Gelombang JONSWAP

3.4 Spektra Respon Pada Model Kapal

Dengan memakai analogi, energi respons adalah merupakan harga kuadrat dari amplitudonya juga, ζr_0^2 . Dengan begitu respons di gelombang acak secara sederhana bisa didapat dengan mengalikan antara nilai spektrum energi gelombang $S_r(\omega)$ dengan RAO^2 [5]. Proses ini pada dasarnya adalah mengubah spektra gelombang menjadi spektra respons, sebagai berikut:

$$SR(\omega) = [RAO(\omega)]^2 S(\omega) \quad (2)$$

Dimana :

$SR(\omega)$ = Respon Struktur (ft²-sc)

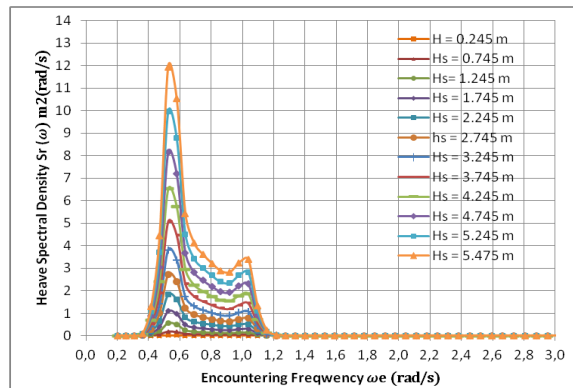
$S(\omega)$ = Spektrum Gelombang (ft²-sc)

RAO = Response Amplitude Operator

ω = Frekuensi gelombang rad/sec

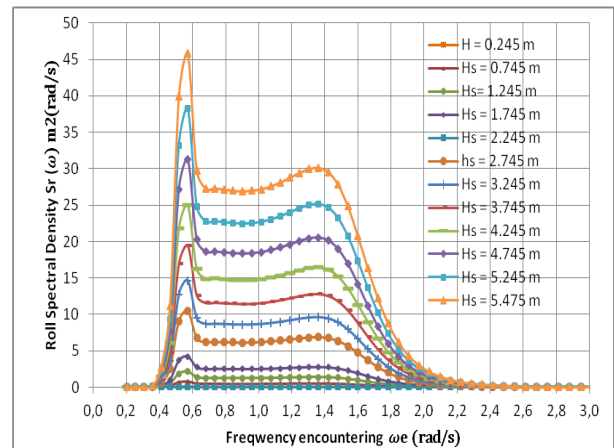
ω_e = Frekuensi *encountering* (rad/sec)

Untuk Spektra Respon *Heave* maksimum oleh masing-masing model Hull Planing *boat* pada kecepatan 12.68 m/s heading 180⁰ disajikan dalam gambar 8.-10 sebagai berikut:



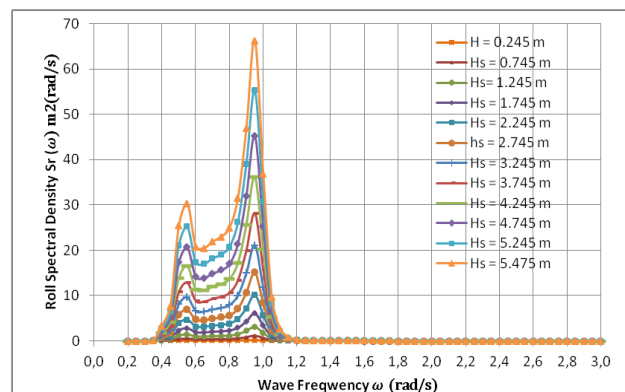
Gambar 9. Spektra Respon *Heave* Model HPCAB heading 180 Vs = 12.68 m/s

Analisis Spektra Respon *roll* maksimum oleh masing-masing model kapal pada kecepatan 12.68 m/s heading 90⁰ disajikan dalam gambar 10 berikut:



Gambar 10. Spektra Respon *Roll* Model HPC heading 90 Vs = 12.68 m/s

Analisis spektra respon *pitch* maksimum oleh masing-masing model kapal pada kecepatan 12.68 m/s heading 180⁰ disajikan dalam gambar 10 berikut



Gambar 11. Spektra Respon *Pitch* Model HPC heading 180 Vs = 12.68 m/s

Dari perhitungan dapat diambil data untuk meplot kurva spektra respon heave, roll dan pitch, yakni yang diambil dari nilai-nilai dalam kolom $S_r(\omega)$ sebagai ordinat dan frekuensi terkait sebagai absisnya. Hasil plot spektra respon gerakan model kapal *crew boat* disajikan pada gambar 9-11. Dalam gambar grafik tersebut ada 12 kurva spektra respons gerakan *heave*, *roll* dan *pitch* yang dihitung menurut kenaikan gelombang signifikan mulai dari 0.245 m samapi dengan 5.745 m.

3.5 Gerakan signifikan Amplitudo Model kapal Crew Boat

Untuk menilai kualitas gerakan berdasarkan kondisi lingkungan dapat juga dihitung berdasarkan tinggi signifikan amplitudo gerakannya. Kisaran tinggi gelombang signifikan digunakan sebagai dasar perhitungan, pada kasus ini diciptakan variasi gelombang signifikan dari 0.245 m hingga 5.745 m (perhitungan hingga $H_s = 5.745$ m dapat dilihat dilampiran). Setelah signifikan amplitudo ditemukan pada variasi tersebut, dapat dinilai model mana yang tepat untuk kondisi wilayah tertentu. Signifikan amplitudo dapat diperoleh dengan rumusan [1]:

$$(\phi_a)_{1/3} = 2\sqrt{m_o \times CF} \quad (3)$$

$$m_o = \frac{1}{3} \times \Delta\omega \times \Sigma 0$$

Untuk H_s 1.25 m, diketahui $\Delta\omega = 0.05$ dan $\Sigma 0 = 0.348$ sehingga $m_o = 0.0063$, dengan cara yang sama m_2 dan m_4 dapat dihitung. $m_2 = 0.0029$ dan $m_4 = 0.00055$

Kemudian,

$$CF = (1 - \varepsilon^2)^{1/2} \varepsilon^2 = \frac{m_o m_4 - m_2^2}{m_o m_4} \quad (4)$$

Diperoleh harga CF sebesar 1.54 sehingga harga $(\phi_a)_{1/3} = 0.2$ m. Demikian seterusnya hingga didapatkan data sebagai berikut, seperti tertulis pada Tabel 6

Tabel 6. Perhitungan *heave*, *Roll* dan *Pict amplitude*

Hs (m)	Heave	Rooll	Pict
00.25	00.20	00.20	00.47
0,052083333	0,041666667	0,041666667	01.52
01.25	01.01	01.01	02.54
0,09375	01.42	01.42	03.56
02.25	0,098611111	0,098611111	04.58
0,135416667	02.23	02.23	0,25
03.25	0,127083333	0,127083333	0,293055556
0,177083333	03.04	03.04	0,336111111
04.25	03.44	03.44	0,379861111
0,21875	0,184027778	0,184027778	0,422916667
05.25	04.25	04.25	0,465972222

0,260416667 05.35 05.35 0,509027778

Setelah diselesaikan perhitungan spektra respons *heave* dari keempat model kapal *cepat Hull Planing* selanjutnya dapatlah dilakukan perbandingan kualitas gerakan saat berada di atas gelombang acak. Hal ini dilakukan dengan memplot perubahan intensitas gerakan sebagai fungsi kenaikan tinggi gelombang signifikan. Intensitas gerakan yang diplot bisa saja semuanya, seperti dalam tabel 6, yaitu amplitudo rata-rata, signifikan, atau dipilih mana yang diperlukan. Dalam studi perbandingan di sini telah dipilih untuk mengevaluasi intensitas signifikan.

4 KESIMPULAN

Untuk gerak *heave* terjadi kenaikan nilai gerakan seiring dengan bertambahnya kecepatan kapal. Nilai gerakan *heave* maksimum terjadi pada saat kecepatan 12.68 m/s kondisi sudut datang gelombang 180° dengan nilai RAO sebesar 2,46 m/m pada frekuensi 0,95 rad/s.

Terjadi penurunan nilai gerakan *roll* seiring dengan bertambahnya kecepatan kapal. Nilai *roll* maksimum terjadi sudut datang gelombang 90° saat kecepatan kapal 0/m/s dengan nilai RAO 18.13 deg/m pada frekuensi 0,95 rad/s, sedangkan nilai *roll* minimum terjadi pada kecepatan 12.68 m/s dengan sudut datang 90° 16.69 deg/m pada fekuensi 1.4 rad/s.

Untuk gerak *pith* terjadi kenaikan nilai gerakan seiring dengan bertambahnya kecepatan kapal. Nilai *pith* maksimum terjadi pada kecepatan kapal 12.68 m/s arah gelombang 180° dengan nilai RAO 10.87 deg/m pada fekuensi 1.0 rad/s.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kepada Pihak BV Indonesia yang telah memberikan lisensi dan pelatihan hydrostar, selajutnya kepada Jurusan Teknik Perkapalan serta P3M Politeknik

Negeri Bengkalis yang memberikan dukungan kepada saya dalam menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bhattacharyya, R. (1978), Dynamics Of Marine Vehicles, John Wiley & Sons, New York.
- [2] Endro, W.D. (2014), High Speed Ship Total Resistance Calculation (An Empirical Study), Jurnal Kapal V11, No 1.
- [3] Clauss, G. F. and Stutz, K. 2001. "Time-Domain Analysis of Floating Bodies with Forward Speed". Proceeding of OMAE'01. 20th International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering. Rio de Janeiro, Brazil.
- [4] Djatmiko, E.B. 2012."Perilaku dan Operabilitas Bangunan Laut di Atas Gelombang Acak". ITS-Press. Surabaya. Inonesia.
- [5] Sudira, BP. (2012) Studi Karakteristik Gerakan dan Operabilitas Anjungan Pengeboran Semi-submersible dengan Dua Kolom Miring dan Ponton Berpenampang Persegi Empat, Jurusan Teknik Kelautan, ITS Surabaya.